



# Betydelse av pentaklorfenolbehandlat trä för spridning av dioxiner i miljön

Evalena Blomqvist och Jöran Jermer

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



## Sammanfattning

Klorfenol användes fram till 1978 för behandling av virke för att förhindra angrepp av missfärgande svamp under lagring och transport, men också för att skydda trä under lång tid mot angrepp. De klorfenolpreparat som användes var förorenade med dioxiner i olika grader. På grund av dioxinernas persistenta egenskaper är det sannolikt att de finns kvar i det behandlade virket som fortfarande är i bruk eller att de återfinns i närmiljön. Ingen tydlig koppling mellan negativa hälsoeffekter hos människa eller djur *p.g.a.* närbkontakt med klorfenolbehandlade träprodukter har påvisats i litteraturen.

Mellan 1956-1978 användes c:a 640 respektive uppskattningsvis 1 000 - 1 500 ton klorfenolpreparat för tryckimpregnering och doppning för den svenska hemmamarknaden. Sanerings- och Gör-Det-Självs-sektorn uppskattas ha använt c:a 15 ton respektive 200 ton. Majoriteten av de behandlade träprodukterna har då använts till *s.k.* huskompletteringar, *d.v.s.* altaner, staket och andra utomhuskonstruktioner. Det doppade virket har som regel hyvlats före användning och är därmed sannolikt en liten klorfenol- och dioxinkälla i samhället. Hyvelspånet kan däremot vara en källa till spridning i samhället via spåndeponier och spånskivor. Om de behandlade träprodukterna finns kvar i samhället och används beror på användningsområde och om de har brukats inom- eller utomhus. Inbyggt behandlat virke har i princip obegränsad livslängd och har endast utranterats i samband med rivningar eller ombyggnationer. Virke i utomhussituationer ovan mark, kan finnas kvar i bruk, under förutsättning att estetiska aspekter inte medfört rivning eller utbyte. Behandlade produkter med markkontakt har med stor sannolikhet blivit obrukbara.

Halten dioxin i träprodukterna sjunker med tiden, men mycket långsamt. Nedbrytning av dioxiner har inte konstaterats, däremot kan dioxinerna lämna produkten och bioackumuleras i närområdet. En migration från produktens kärna till ytan har också påvisats. Den totala mängden dioxin (I-TEQ) i miljön och samhället från kvarvarande behandlade träprodukter har inom detta uppdrag uppskattats till maximalt 3,7 kilo och minimalt 0,4 kg, vilka till större delen återfinns som diffusa källor i samhället. Bakom denna uppskattning ligger följande antagande: att den huvudsakliga källan är tryckimpregnerade samt Gör-Det-Självs behandlade produkter. Av de tryckimpregnerade finns c:a 50 % av materialet ovan mark kvar i bruk (motsvarar c:a 225 ton pentaklorfenol, 0,4 – 2,0 kg I-TEQ) samt c:a 40 % av gör-det-självs produkterna (motsvarar 55 ton pentaklorfenol, 0,0 – 0,6 kg I-TEQ). Det bör påpekas att det finns stora osäkerheter i denna uppskattning och att mängden kvarvarande träprodukter har antagits relativt högt i dessa beräkningar.

Eftersom det flesta doppningsanläggningarna var belägna i Sydsverige återfinns med största sannolikhet de flesta användarna av doppningsbehandlat trä inom denna region och då sannolikt i småhus byggda 1960-1975. Saneringspreparat mot röta och insekter har använts över hela Sverige. Man kan emellertid förutsätta att preparat som Gantix HB och Husbocks-Cuprinol och liknande haft störst användning inom husbockens utbredningsområde, *d.v.s.* södra Skåne, Blekinge, östra Småland och Östergötland, Södermanland, Öland, Gotland samt Roslagen.

Vid bortskaffande av behandlade produkter är kontrollerad termisk destruktion den enda metoden idag som säkert bryter ner dioxinerna i produkterna och som därmed bidrar till en minskning av spridningen i miljön.

Eftersom dioxinkällorna är diffusa och utspridda är det mycket svårt att genomföra en samlad saneringskampanj för att minska spridningen och antalet källor. Den effektivaste åtgärden för att uppnå en minskad spridning av dioxin från klorfenolbehandlade produkter är att försöka styra avfallsströmmarna av rivningsvirke så att detta tas om hand och förbränns i avfallsanläggningar under kontrollerade former. Vidare kan det vara

intressant att kartlägga och undersöka inbyggda spånskivors samt byggavfall- och spåndeponiers betydelse för spridning av dioxiner i samhället.

**Nyckelord:** Impregnerat trä, PCP, pentaklorfenol, dioxiner, spridning, miljögifter

## **Abstract**

### **The role of pentachlorophenol treated wood for emissions of dioxins into the environment**

This study has investigated the part played by pentachlorophenol-treated wood in emissions of dioxins into the environment. A thorough inventory of the use of different products treated by different methods has been carried out, in addition to chemical analyses of four different treated wood products. The tested products were an indoor panel from a swimming pool in Finspång, Sweden, a utility pole from Oregon in the USA, and a field test stake exposed outdoors in Denmark since 1968, looking at both the part above ground and that in the ground.

Between 1956 and 1978 approximately 640 tonnes of pentachlorophenol were used in Sweden for pressure impregnation of wood products, and 1000 – 1500 tonnes for dip-treatment of freshly sawn wood before further storage or transport. A further 200 tonnes or so were used for consumer products (DIY), and approximately 15 tonnes for remedial treatments.

The estimated amount of dioxins (I-TEQ) in the Swedish environment today due to the use of chlorophenol-treated wood products is estimated to be between 0,4 and 3,7 kg. The considerable uncertainty is due to the wide variation in analytical data. In addition, a quite high figure has been used to approximate the amount of wooden products still in use, in order to avoid underestimation.

Dioxin sources resulting from the use of chlorophenol-treated wood products are diffuse and scattered, and thus difficult to clean up efficiently. The most efficient method of reducing dioxin emissions is to ensure that all demolition wood is destroyed in a modern incinerator with efficient air pollution control systems.

**Key words:** Preservative-treated wood, pentachlorophenol, PCP, dioxins, emissions

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2008: 22  
ISBN 978-91-85829-38-5  
ISSN 0284-5172  
Borås 2008

## **Förord**

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört en undersökning av klorfenolbehandlade träprodukters betydelse för spridningen av dioxiner i miljön och samhället. Arbetet har utförts under 2008 av Dr Evalena Wikström-Blomqvist och Civi ng Jöran Jermer.

Utredningen har i huvudsak utförts genom litteraturstudier samt att kompletterande kemiska analyser av utvalda behandlade träprodukter också har utförts inom projektet.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>9</b>
1.1	Avgränsningar och begränsningar	9
1.2	Metod	9
<b>2</b>	<b>Allmänt om dioxiner och egenskaper</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Produktion av klorfenolbehandlade träprodukter</b>	<b>12</b>
3.1	Tryckimpregnering	12
3.2	Doppning av nysågat virke	15
3.3	Sanering mot rötskador och insekter	16
3.4	Gör-det-själv-sektorn	16
<b>4</b>	<b>Användning av klorfenolbehandlade träprodukter</b>	<b>17</b>
4.1	Tryckimpregnerat	17
4.2	Doppningsbehandlat	18
4.3	Saneringspreparat	18
4.4	Gör-det-själv	19
4.5	Importerade träföremål	19
4.6	Internationell utblick	19
<b>5</b>	<b>Förekomst av dioxiner</b>	<b>21</b>
5.1	Dioxinförekomst i träskyddsmedel	21
5.2	Dioxinförekomst i impregnerat trä	22
5.2.1	Klorfenol- och dioxinbestämning av behandlat trä	24
<b>6</b>	<b>Bortskaffning av klorfenolbehandlat trä</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>28</b>
7.1	Uppskattning av dioxin i samhället från klorfenolbehandlade träprodukter	28
7.2	Förslag till åtgärder	30
<b>8</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Litteraturförteckning</b>	<b>33</b>

**Bilaga 137**





# 1 Introduktion

Pentaklorfenol, och även en del lägre klorerade fenoler, användes fram till och med 1978 för behandling av nysågat virke, framför allt för att förhindra angrepp av missfärgande svamp under lagring och transport (doppning) men också för att skydda trä under lång tid mot angrepp av röta och insekter (tryckimpregnering). I och med att torkning av nysågat virke i virkestork blev allt vanligare under 1970-talet minskade behovet av behandling mot missfärgande svampar.

De klorfenolpreparat som har använts har också i olika hög grad varit förorenade med polyklorerade dioxiner (PCDD) och dibensofuraner (PCDF). Samlingsnamnet dioxin används fortsättningsvis i rapporten, när båda grupperna avses. På grund av dioxinernas hydrofoba och persistenta egenskaper och låga ångtryck kan det finnas kvar dioxin i det behandlade virket, om detta fortfarande är i bruk.

Hur mycket dioxin som sprids i miljön från de behandlade träprodukterna har man idag inte kunskap om. Syftet med detta arbete är således att uppskatta och dimensionera problemet med klorfenolbehandlat trä i byggnader *m m* utifrån förekomst och spridning av dioxiner i samhället. Inom arbetet ges också förslag på åtgärder med syfte att begränsa problemet.

## 1.1 Avgränsningar och begränsningar

Spridning av dioxin från klorfenolkontaminerade marker, sediment, gamla deponier för byggavfall och flis och dylikt behandlas inte i rapporten.

Dioxindata i denna rapport är en sammanställning av data från olika tidsepoker. Halten av dioxin har rapporterats olika genom tiderna vilket tyvärr sätter begränsningar i hur halterna kan jämföras med varandra.

## 1.2 Metod

Kunskapssammanställningen baseras på personliga kontakter i branschen, tryckta källor, artiklar och internetsökningar. De vetenskapliga artiklarna har i huvudsak hämtats från aktuella databaser. Muntlig information från aktörer i branschen har varit en annan viktigt kanal för att identifiera lämpliga provtagningsföremål.

Halten pentaklorfenol och dioxin bestämdes också i fyra träprover, nämligen från inomhuspanel, fältprovstav (från del ovan respektive under mark) samt kraftledningsstolpe. Proverna analyserades med avseende på dioxiner enligt ackrediterade metoder av ALcontrol i Linköping.

Halten koppar bestämdes i fältprovstaven med ICP-OES av SPs avdelning för Kemi- och Materialteknik.

## 2 Allmänt om dioxiner och egenskaper

Dioxiner har aldrig producerats medvetet. Den huvudsakliga källan till dioxin i samhället är oavsiktliga utsläpp, oftast från industriell verksamhet. En naturlig produktion av dioxin i biologiska system har också dokumenterats [1,2].

PCDD och PCDF är två grupper av polycykliska organiska ämnen som är mycket lika varandra. På de två ringarna finns det möjlighet till substituering av klor på åtta platser, vilket ger upphov till att dioxiner finns i alla kloreringsgrader från mono till okta. Totalt kan det bildas 75 olika PCDD respektive 135 olika PCDF molekyler (kongener). Antalet och placeringen av kloratomerna styr molekylens storlek och form, två egenskaper som påverkar hur toxiska och persistenta dioxinerna är. Dioxiner med klor i positionerna 2,3,7,8 är de mest toxiska av dem alla. Av alla dioxinkongener så klassas 17 stycken som toxiska *p.g.a.* att de har klor i alla de ovan specificerade positionerna. Toxiciteten varierar mellan dessa 17 och värderas/viktas med ett uppskattat TEF (Toxic Equivalent Factor) värde. Den mest toxiska kongenen, 2,3,7,8- TCDD, har ett TEF värde satt till 1. De andra 16 kongenernas TEF värde varierar därefter ner till 0,01 beroende på deras uppskattade toxicitet. Den totala toxiciteten beräknas därefter genom att alla TEF värden multipliceras med den uppmätta halten av den specifika kongenen. Summa av alla 17 kongeners toxicitet adderas därefter och presenteras som provets totala toxicitet (TEQ Toxiska Ekvivalenter). Ett problem som uppstår när resultat från olika tidpunkter ska jämföras är att olika beräkningsmetoder för att få fram provets TEQ har använts. Det som skiljer modellerna från varandra är att några kongeners uppskattade TEF värden varierar. Exempel på använda benämningar är Eadon-TEQ, Nordic-TEQ, Internationell-TEQ och nu senast beräknas den totala toxiciteten enligt WHO-TEQ. Eftersom modellerna skiljer sig åt genom enskilda kongener krävs det tillgång till kongen-specifika data från tidigare undersökningar för att den angivna TEQ nivån ska kunna beräknas enligt någon annan modell än den publicerade. Den senaste gällande beräkningsmodellen (WHO-TEQ) redovisas i Van den Berg et. al [3]. De pågår dock redan en revidering av denna modell som kommer att börja gälla inom kort.

Ett ämnes förekomst och beteende styrs av dess kemiska struktur och egenskaper samt de aktuella förhållanden som råder i miljön där de existerar. Dioxiner är hydrofoba vilket betyder att de binder relativt hårt till organiska material såsom trä och jord och att de ogärna transporteras bort med vattenfasen. Vidare har det visat sig att dioxiner bundna i marken oftast också är svårtillgängliga för fysikaliska, kemiska och biologiska omvandlingsmekanismer [4]. Dioxiner antas därför vara kvar i marken under lång tid, starkt bundna till jordpartiklar [5].

Spridning av dioxiner i mark från fem utvalda sågverksområden har nyligen studerats i en doktorsavhandling av Y. Persson [6]. Arbetet visar på en förändring i dioxinsammansättning hos den kontaminerade marken jämfört med de klorfenolpreparat som har använts. Detta antyder att en nedbrytning eller transport av utvalda dioxinkongener har skett. En trolig förklaring till detta fenomen är att dioxinerna har transporterats i marken genom att de delvis binder till den *s.k.* rörliga delen av jorden och kolloiderna, vilka följer med vattenströmmarna i marken [6-10].

Dioxiner är mycket stabila molekyler, vilket betyder att de bryts ned mycket långsamt, *d.v.s.* de är persistenta och en bioackumulering av dioxiner sker således i naturen. Alla dioxinkongener klassas som hydrofoba och persistenta molekyler, men dessa två egenskaper accentueras inom gruppen med ökad kloreringsgrad.

I mer eller mindre alla analyser av olika mark och jordprover dominerar PCDD över PCDF samt att oktaklorerade kongener är klart dominerande i profilerna [1]. Det är svårt att avgöra om denna anrikning av framförallt OCDD orsakas av att andra lägre klorerade kongener transporteras från materialet och/eller transformeras eller om det också naturligt

bildas nya OCDD. Sannolikt så bidrar nog båda processerna till den oktadominans som återfinns i naturen [1,2].

Hur människa och djur påverkas av att leva i miljöer med förhöjda halter av klorfenoler och dioxiner har studerats av forskare i ett antal studier. Förhöjda halter dioxin i blod, mjölk och ägg har detekterats hos nötkreatur och höns som har vistats i miljöer kontaminerade med dioxiner *p.g.a.* klorfenolanvändning [11-13]. Förhöjda halter av dioxin har också noterats i nötkreatur som vistats vid klorfenolbehandlat trä. Kreaturens gnagande på klorfenolimpregnerade produkter och hönornas pickande av jord antas vara exponeringsvägar [11-13].

Tre nyligen publicerade exponeringsstudier av både arbetare och boende i närmiljön till sågverk som historiskt har behandlat virke med klorfenol visar alla på förhöjda halter av hepta-CDD och OCDD i blodet hos de undersökta individerna [14-16]. Kongenprofilerna stämmer överrens med kontaminering på grund av klorfenolhantering. Möjliga exponeringsvägar antas vara genom kontaminerade dammpartiklar och exempelvis fisk [14,15]. Ingen tydlig koppling till högre cancerfrekvens eller andra sjukdomsrelaterade effekter i området kunde dock göras [16].

Inga tydliga kopplingar till negativa hälsoeffekter har noterats i något av de ovan refererade arbetena, trots att både människor och djur har utsatts för högre exponering av klorfenolbehandlade produkter och miljöer än normalt.

### 3 Produktion av klorfenolbehandlade träprodukter

#### 3.1 Tryckimpregnering

Tryckimpregnering med klorfenolpreparat bedrevs i Sverige mellan åren 1956 och 1978. Endast två olika träskyddsmedel användes, nämligen KP Cuprinol och BP Hylosan. KP Cuprinol användes i en ammoniakalisk vattenlösning, medan BP Hylosan var ett *s.k.* oljelöstligt träskyddsmedel, *d.v.s.* pentaklorfenolen var löst i en mineralolja av typen eldningsolja 3. Sammansättningen av de båda medlen redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Sammansättning av KP Cuprinol och BP Hylosan

Träskyddsmedel	Tillverkare	Kemisk sammansättning, %
KP Cuprinol	Bönnelyche & Thuröe AB	<u>K-salt:</u> 91,3
		CuO 15    Cu 10,9
		NH <sub>3</sub> 18
		CO <sub>2</sub> 44
		H <sub>2</sub> O 23
		<u>P-salt:</u> 8,7
BP Hylosan	Svenska BP AB	C <sub>6</sub> HCl <sub>4</sub> ONa 70    Na-PCP 6,1
		H <sub>2</sub> O 30
		PCP 5,0
		Vattenavvisande additiver <4
		Mineralolja (eldningsolja nr 3) rest

Genom den utmärkta statistik över tryckimpregnerade kvantiteter virke som sedan 1950 sammanställts av Träskyddskommittén och senare Svenska Träskyddsinstitutet, finns tillförlitliga uppgifter över hur mycket som impregnerades med de aktuella träskyddsmedlen under den period de användes. Produktionsdata baserade på dessa uppgifter redovisas i Tabell 2.

Produktionen av KP Cuprinol utgjorde c:a 18 % av den totala produktionen av impregnerat sågat virke under den aktuella perioden, medan BP Hylsan svarade för endast c:a 3 %. Medan CCA-medlen, baserade på koppar, krom och arsenik var helt dominerande med c:a 70 % av totalproduktionen av impregnerat, sågat virke.

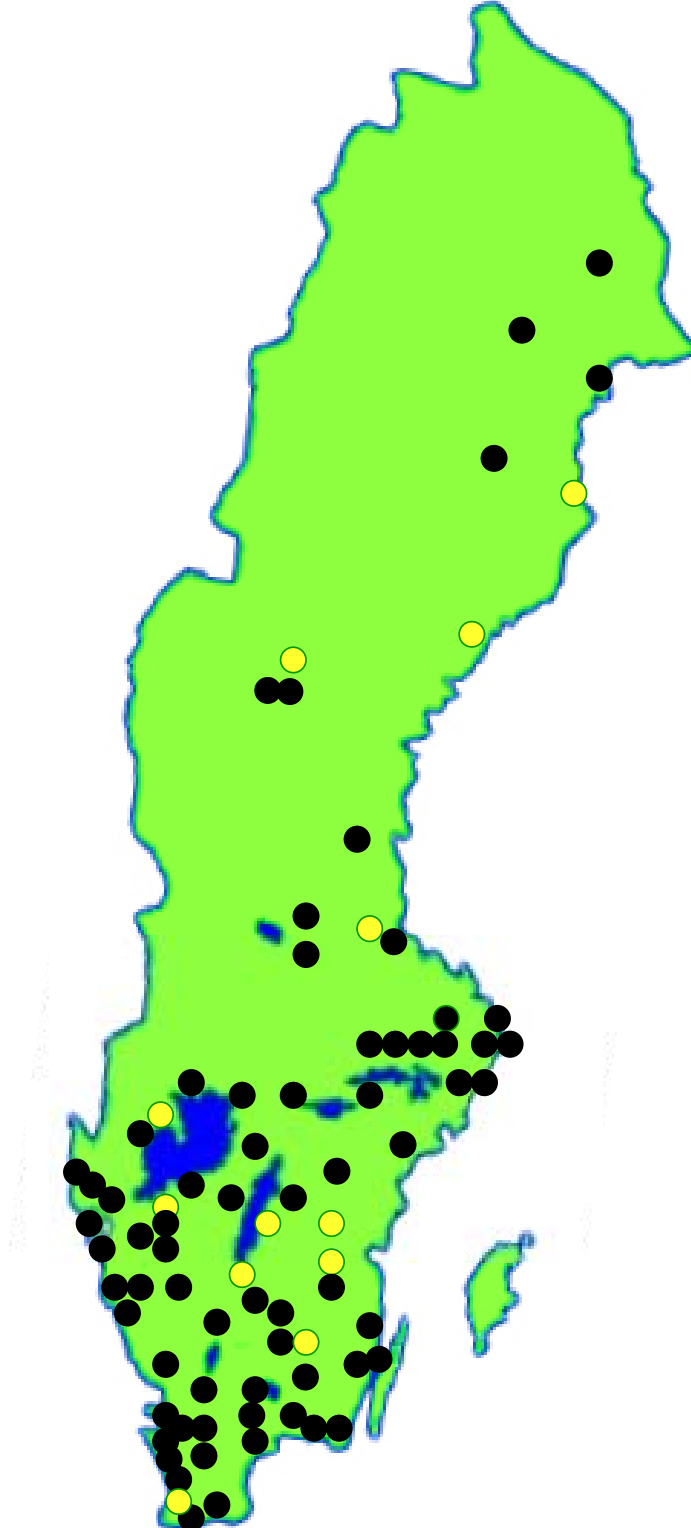
Enligt beräkningar som gjorts på basis av produktionen av impregnerat trä [18] så användes totalt c:a 640 ton klorfenoler, uttryckt som pentaklorfenol, för tryckimpregnering för den svenska marknaden under perioden 1956-1978.

BP Hylosan användes även i begränsad utsträckning för industriell doppningsbehandling för rötskydd av sågat virke.

**Tabell 2. Produktionen av KP Cuprinol- och BP Hylosan-impregnerat trä (m<sup>3</sup>) med fördelning på sortiment 1956-1978 [17].**

Träskyddsmedel	År	Sliprar	Stolpar	Sågat virke	Summa
<b>KP Cuprinol</b>	1956	6 476	600	7 500	14 576
	1957	1 231	1 510	7 600	10 314
	1958	1 130	1 418	4 926	7 474
	1959	-	-	7 104	7 104
	1960	-	300	9 200	9 500
	1961	-	514	12 410	12 924
	1962	-	1 807	4 050	5 857
	1963	282	277	11 050	11 609
	1964	435	157	13 906	14 498
	1965	272	79	17 110	17 461
	1966	58	282	26 117	26 457
	1967	178	161	28 815	29 154
	1968	60	-	32 896	32 956
	1969	23	55	38 827	38 905
	1970	100	236	36 873	37 209
	1971	105	125	45 435	45 665
	1972	45	193	60 728	60 966
	1973	44	190	60 106	60 340
	1974	100	200	65 800	66 100
	1975	90	185	55 625	55 900
	1976	-	-	50 000	50 000
	1977	-	1 700	41 200	42 900
	1978	700	-	42 700	43 400
<b>BP Hylosan</b>	1963	-	-	85	85
	1964	-	-	-	-
	1965	-	-	3 300	3 300
	1966	-	-	5 017	5 017
	1967	-	-	7 900	7 900
	1968	-	-	10 414	10 414
	1969	-	-	10 600	10 600
	1970	-	-	9 650	9 650
	1971	-	-	9 250	9 250
	1972	-	-	9 500	9 500
	1973	-	-	8 500	8 500
	1974	-	-	6 900	6 900
	1975	-	-	10 250	10 250
	1976	-	-	8 625	8 625
	1977	-	-	9 200	9 200
1978	-	-	5 100	5 100	

Figur 1 nedan visar en karta med utmärkta produktionsställena för KP Cuprinol respektive BP Hylosan. Kartan gör inte anspråk på att vara helt fullständig, då det inte gått att få fram all information om produktionsställena, men den ger ändå en bra bild över var i landet impregneringen med dessa båda träskyddsmedel i huvudsak skett. Samtliga anläggningar hade en förhållandevis liten årlig produktion, 500-2 000 m<sup>3</sup>.



**Figur 1. Geografisk lokalisering av produktionsanläggningar för KP Cuprinol (svart prick) respektive BP Hylosan (gul prick).**

### 3.2 Doppning av nysågat virke

För skydd av nysågat virke mot angrepp av missfärgande svampar, *d.v.s.* mögel- och blånadssvampar, under lagring och transport var doppning i klorfenolpreparat en erkänt bra metod. Ett flertal preparat var registrerade av Produktkontrollnämnden, företrädesvis innehållande kalium- eller natriumsalter av 2,4,6 triklorfenol (ex BT Blåskydd, Gullviks Blåskydd) men även natriumsalt av pentaklorfenol (ex Dowicide G, Santobrite). Preparaten användes normalt i 1-2,5 % vattenlösningar i relativt enkla anläggningar, som icke sällan var dåligt utformade med hänsyn till miljöskyddet, se Figur 2. Omfattande dropp och spill till marken förekom, och ett antal olyckor med översvämningar av doppningskar under fyllning inträffade under 1960- och 1970-talen.



**Figur 2. Doppningsanläggning för nysågat virke. Foto: Svenska Träskyddsinstitutet.**

När det gäller antalet sågverk, där doppningsbehandling bedrivits, så har olika uppskattningar gjorts som pekar mot att doppningsbehandling bedrivits vid 10-15 % av sågverken, *d.v.s.* 400-500 stycken [19,20]. Preliminära resultat från en pågående ny kartläggning och utredning av länsstyrelserna i Sverige antyder att antalet doppningsanläggningar snarare är fler än 500 stycken. Behovet av doppning har främst funnits vid sågverk som inte torkat sitt virke i virkestork, och mot bakgrund av detta faktum och data från sågverksinventeringarna 1973 och 1979 [21,22], kan man också dra slutsatsen att det var främst vid mindre sågverk doppningsbehandling bedrevs. Med utgångspunkt från länsstyrelsernas inventeringar av förorenade områden enligt den s.k. MIFO-modellen får man en uppfattning om var i landet de aktuella sågverken var belägna. Det finns inte helt överraskande en dominans för södra Sverige i län som Kronoberg, Kalmar och Västra Götaland (tidigare Älvsborg och Skaraborg) [23], även om doppningsbehandling förekom vid sågverk över hela Sverige.

I motsats till det tryckimpregnerade virket saknas uppgifter om hur mycket sågat virke som blånadsskyddsbehandlades med klorfenolpreparat från 1950-talet fram till förbudet 1978, och det saknas också tillförlitliga siffror på hur mycket preparat som såldes. Under perioden 1956-1978 förbrukades årligen i medeltal c:a 4,2 miljoner m<sup>3</sup> sågat virke på den svenska hemmamarknaden [24]. Mot bakgrund av att endast 10-15 % av sågverken, de flesta dessutom mindre sågverk, bedömts använda sig av doppningsbehandling, så torde det inte vara någon överskattning att högst c:a 600 000 m<sup>3</sup> doppningsbehandlades per år under denna tid och stannade kvar inom landet. Majoriteten av det doppningsbehandlade virket gick på export.

Med en medelupptagning på ungefär 0,1 kg/m<sup>3</sup> [25] så skulle förbrukningen av klorfenol för doppat virke för hemmamarknaden för perioden 1956-1978 varit i storleksordningen 1 000- 1 500 ton.

### 3.3 Sanering mot rötskador och insekter

Ett mindre antal preparat, i huvudsak för yrkesmässigt bruk, för sanering av röt- och insektsskador innehöll klorerade fenoler. Exempel på preparat redovisas i Tabell 3 [26].

**Tabell 3. Exempel på några träskyddsmedel innehållande klorerade fenoler för saneringsändamål.**

Träskyddsmedel	Sammansättning	
<b>Anti-Pa IV Husbock</b>	Diklornaftalin	8,0 %
	Pentaklorfenol	3,0 %
	Lindan	0,3 %
<b>Gantix HB ljus</b>	Diazinon	4,0 g/l
	Lindan	13,0 g/l
	Pentaklorfenol	8,0 g/l
<b>Gullviks Husbockscupral</b>	Diklornaftalin	8,0 %
	Pentaklorfenol	3,0 %
	Lindan	0,3 %
<b>Husbocks-Cuprinol</b>	Diklornaftalin	8,0 %
	Pentaklorfenol	3,0 %
	Lindan	0,3 %

Husbocks-Cuprinol var kanske det mest kända och använda av dessa preparat, och det kunde också användas av vanliga konsumenter och inte bara för yrkesmässigt bruk. Enligt utprovningar som gjordes, på Statens Provningsanstalt (idag SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut), användes c:a 0,7 liter Husbocks-Cuprinol per m<sup>2</sup> virke vid bekämpning av pågående angrepp [27].

Inga säkra uppgifter om vilka mängder som förbrukades finns tillgängliga, men mängden aktiv substans, *d.v.s.* summan av diklornaftalin, pentaklorfenol och lindan, uppskattas till mindre än 2 ton/år [19]. För perioden 1956-1978 skulle detta innebära att c:a 15 ton pentaklorfenol användes.

### 3.4 Gör-det-själv-sektorn

För gör-det-själv-sektorn tillverkades ett antal preparat innehållande klorerade fenoler. Några typiska exempel redovisas i Tabell 4 [26].

**Tabell 4. Exempel på några träskyddsmedel innehållande klorerade fenoler för bestrykning/doppning inom företrädesvis gör-det-själv-sektorn.**

Träskyddsmedel	Sammansättning	
<b>Koppar-Cuprinol</b>	Kopparnaftenat	37 %
	Kopparpentaklorfenolat	2 %
	Oxin-koppar	0,2 %
<b>Penta-Solignum</b>	Pentaklorfenol	5,0 %
<b>Zink-Cuprinol</b>	Zinknaftenat	35 %
	Zinkpentaklorfenolat	5 %
	Bis(8-kinolinolato)zink	0,2 %

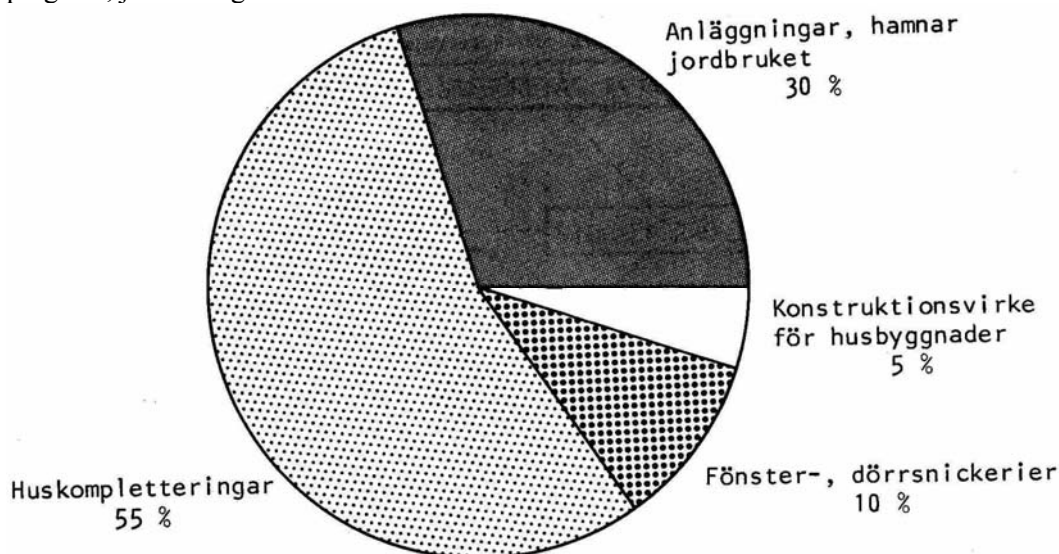
Statistik saknas över hur mycket som såldes av dessa preparat under hela den aktuella perioden. I Produktkontrollnämndens pressmeddelande angående förbudet mot klorfenolhaltiga träskyddsmedel 1977-05-27 [28], så menar de att användningen till träskyddsfärger och preparat för behandling av textilier skulle motsvara c:a 10 % av den totala användningen, vilket i så fall skulle innebära totalt c:a 200 ton. Uppgifter från Storbritannien [25] indikerar att detta förefaller vara en rimlig andel.



## 4 Användning av klorfenolbehandlade träprodukter

### 4.1 Tryckimpregnerat

Som framgår av Tabell 2, har såväl KP Cuprinol som BP Hylosan i huvudsak använts för impregnering av sågat och hyvlat virke. Man kan, mot bakgrund av bedömningar som redovisades i IVA rapport nr 22 [29], förutsätta att det mesta av detta virke använts utomhus till *s.k.* huskompletteringar av olika slag, exempelvis altaner, staket och pergolor, jämför Figur 3.



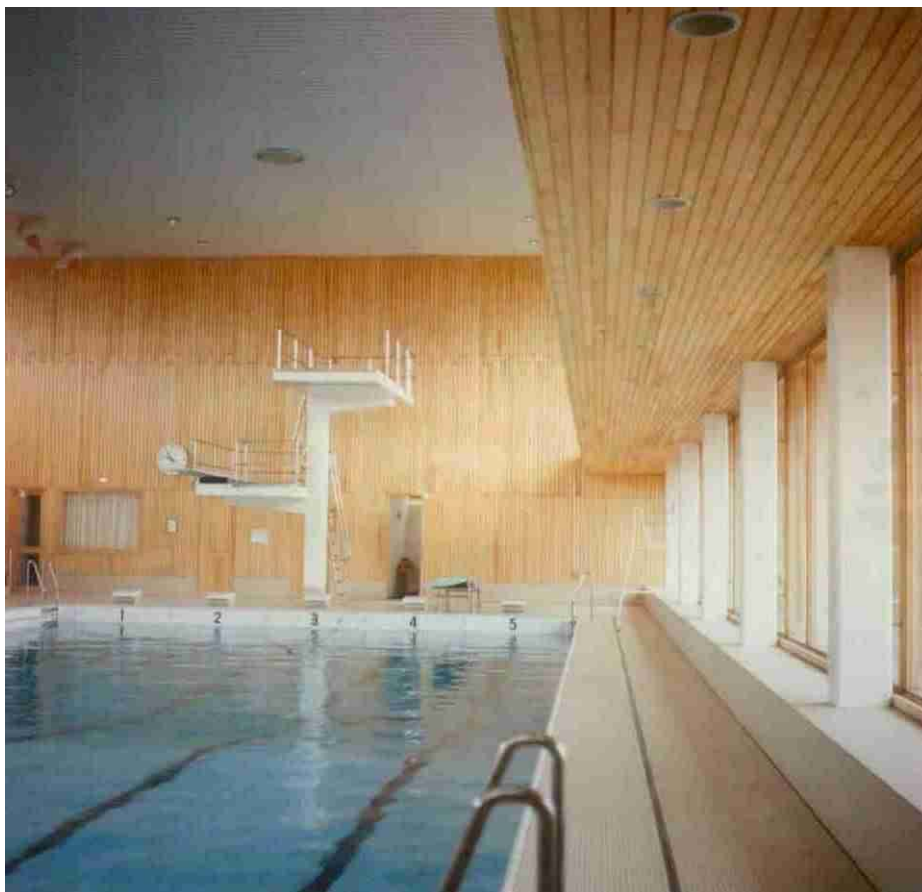
Figur 3. Uppskattad fördelning av impregnerat sågat virke på olika användningsområden på den svenska hemmamarknaden (IVA, 1982)

KP Cuprinolbehandlat virke har också använts för impregnering av fönster och panelvirke enligt den *s.k.* Royalprocessen, där man impregnerade virket i ett första steg, och sedan torkade och färgade in det i ett andra steg, samt inbyggt som syll i småhus byggda på 1970-talet.

Det var relativt vanligt att syllan göts in i bottenplattan eller lades på platta/grundmur utan fuktspärr. Detta orsakade ibland mögelangrepp och därmed förknippad besvärande lukt. KP Cuprinolimpregnerat trä anses ha varit överrepresenterat när det gäller problem med mögellukt i småhus [31]. En tänkbar förklaring till uppkomst av dålig lukt var att mögelsvamparna reagerade med klorfenolerna, vilket orsakade en karakteristisk, mögelliknande lukt.

Både fönsterimpregneringen och användningen som syll var förhållandevis liten i förhållande till övrig användning.

BP Hylosan användes, förutom till huskompletteringar, även som fasadmaterial och inomhus som panel i ett flertal simhallar, se Figur 4.



**Figur 4. Interiör av simhallen i Finspång (byggd 1967), där innerpanelen var tillverkad av BP Hylosan-impregnerat trä. Hallen är numera stängd. (Foto: Svenska BP AB)**

Både KP Cuprinol- och BP Hylosan-impregnerat trä användes enligt våra bedömningar företrädesvis i närområdet kring produktionsställena, och det betyder att man generellt kan säga att sådant impregnerat trä i huvudsak användes i södra Sverige, för KP Cuprinol finns en övervikt mot sydvästra Sverige, jämför Figur 2.

## 4.2 Doppningsbehandlat

För det doppningsbehandlade virket kan man förutsätta att det i de allra flesta fall hyvlat, innan det vidareförädlats till snickerier eller använts som konstruktionsvirke. I och med att de aktiva ämnena inte tränger nämnvärt in i träet vid behandlingen, utan endast 1-2 mm, så kan man också förutsätta att klorfenolerna i huvudsak hamnat i kutterspånen, medan virket som byggt in i stort har varit fritt från klorfenoler [30].

En del kutterspån kan ha kommit att användas som råvara vid spånskivetillverkning. Enligt en enkät som omnämnes i Edlund [19], så förekom det att kutterspån från doppningsbehandlat blandades med ”vanlig” spån och levererades till skivtillverkare. Vilka mängder det kan ha rört sig om är omöjligt att uppskatta.

Eftersom det flesta doppningsanläggningarna var belägna i Sydsverige återfinns med största sannolikhet de flesta användarna av doppningsbehandlat trä inom denna region och då sannolikt i småhus byggda 1960-1975.

## 4.3 Saneringspreparat

Saneringspreparat mot röta och insekter har använts över hela Sverige. Man kan emellertid förutsätta att preparat som Gantix HB och Husbocks-Cuprinol och liknande haft störst användning inom husbockens utbredningsområde, *d.v.s.* södra Skåne,

Blekinge, östra Småland och Östergötland, Södermanland, Öland, Gotland samt Roslagen [32].

#### 4.4 Gör-det-själv

Preparaten för bestrykning/doppning inom gör-det-självsektorn har haft en tämligen bred användning till i första hand huskompletteringar och andra användningar ovan mark. En hel del användes också till båtbyggor samt stängselstolpar och diverse tillämpningar i mark, *tex* då man av olika skäl inte använde sig av tryckimpregnerat trä.

Geografiskt kan man inte närmare precisera användningen, men villa- och fritidshusägare samt lantbrukare torde ha dominerat användningen av denna typ av preparat framför yrkesmässigt bruk av målare och andra verksamheter.

#### 4.5 Importerade träföremål

Under årens lopp har mindre mängder av klorfenolbehandlat virke importerats. Inga siffror finns tillgängliga, men i förhållande till den inhemska användningen har importen varit försumbar.

I samband med och efter förbudet mot användning av klorfenolbehandlat virke uppmärksammades import av sågat virke från Finland. Finska sågverk använde klorfenolpreparat även efter det svenska förbudet, och något förbud att importera sådant virke förelåg inte, även om detta övervägdes [33]. Mängderna virke som importerades från Finland torde ha rört sig om högst några 10 000-tal m<sup>3</sup>/år, varav endast en del varit behandlat.

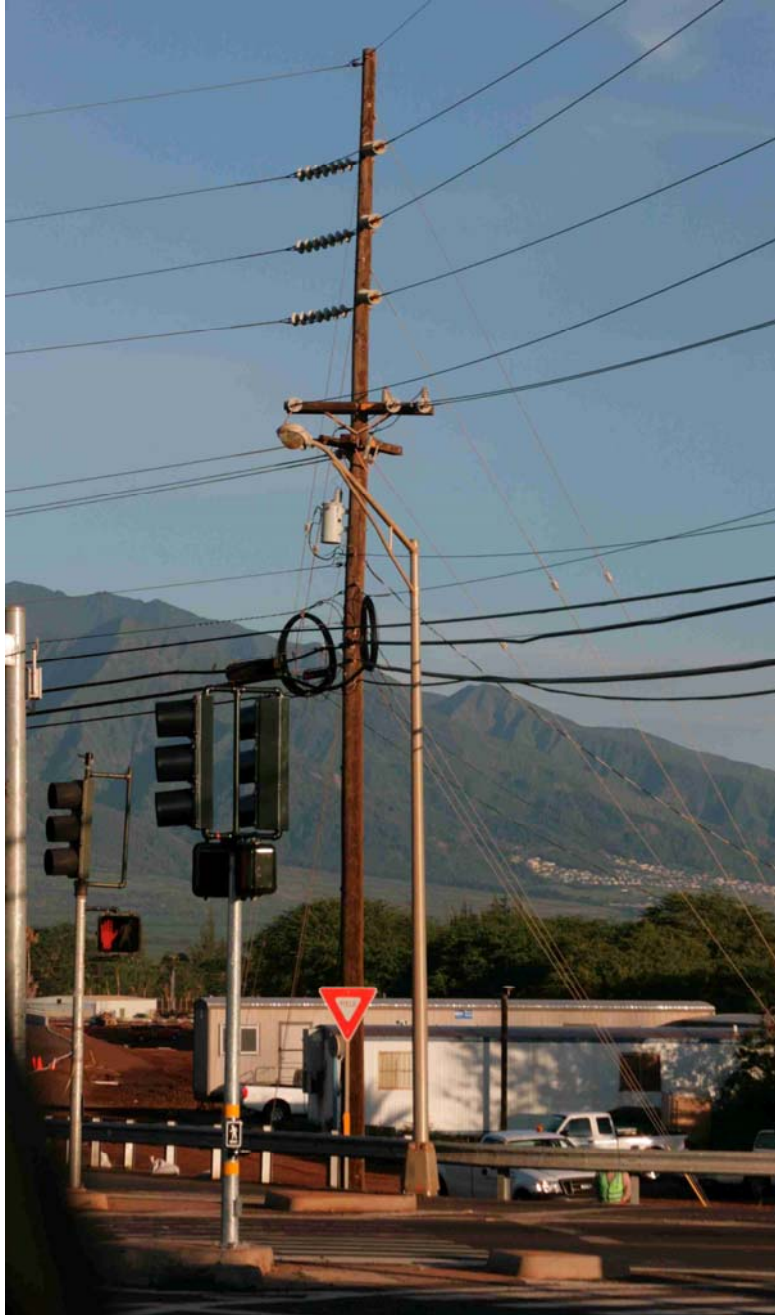
Mindre partier järnvägssliprar importerades från Frankrike av SJ under början av 1980-talet. Sliprarna var behandlade med klorfenolhaltiga blånadsskyddsmedel, vilket uppmärksammades vid lossningen av hamnarbetarnas skyddsombud.

En del tropiskt trä samt diverse träföremål – möbler, prydnadsföremål – som importerats kan också ha varit behandlat med klorfenolpreparat.

#### 4.6 Internationell utblick

Klorerade fenoler räknas till ett av de mest använda träskyddsmedlen internationellt sett. Natrium- eller kaliumsalter av tetra- och triklorfenoler har under lång tid varit de vanligaste preparaten för att skydda nysågat virke mot angrepp av blånads- och mögelsvampar under lagring och transport.

Pentaklorfenol i olja har sin största marknad i USA och Kanada där det används för impregnering av ledningsstolpar. Den årliga produktionen i USA är 1-1,5 miljoner stolpar [34] och pentaklorfenol är det mest använda träskyddsmedlet för stolpar, vanligare än kreosot och CCA (Figur 5).



**Figur 5. Kraftledningsstolpe i USA (Pi'ilani Hwy, Maui) impregnerad med pentaklorfenol. (Foto: Tomas Jermer).**

En rundfrågning har visat att klorfenolpreparat inte längre används i länder som Brasilien (förbjöds 2007), Chile (förbjöds 1998), Malaysia (förbjöds 1999), Sydafrika, Australien och Frankrike [35].

## 5 Förekomst av dioxiner

### 5.1 Dioxinförekomst i träsnyddsmiddel

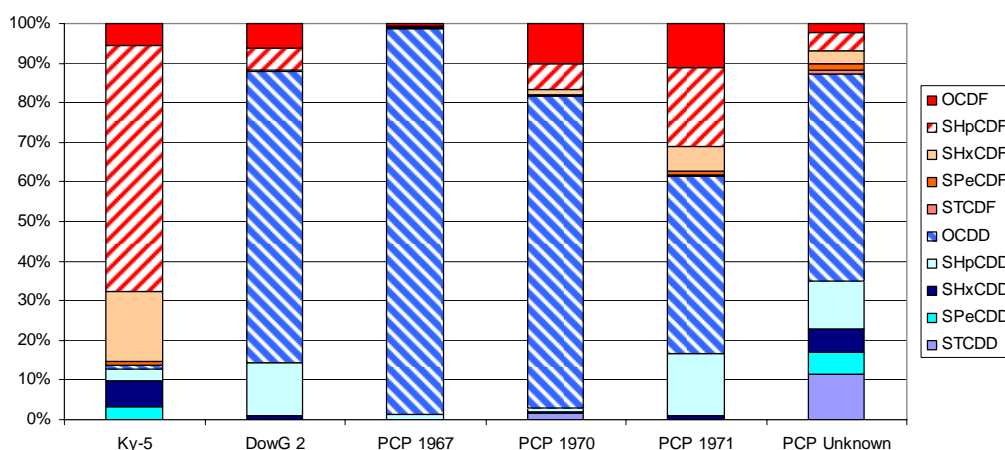
Dioxiner och andra klorerade organiska ämnen bildas vid klorfenoltillverkning genom att en mindre del av klorfenolerna reagerar med varandra och bildar klorerade tvåringstrukturer. Variationen av dioxinkontaminering hos ett antal olika klorerade organiska preparat med varierande produktionsår redovisas i Tabell 5 nedan. Tillverkningsprocessen har förbättrats med tiden genom bland annat optimerade processtemperaturer och byte av katalysatorer, vilket har reducerat halten av kontamineringsämnen i de olika preparaten.

Tabell 5. Halten av PCDD och PCDF i Ky-5, Dowicide G och pentaklorfenol samt också från fem olika produktionsår för pentaklorfenol. Halten är angiven i µg/g (mg/kg) preparat. Dioxinhalten är angiven i samma enhet som källreferensen.

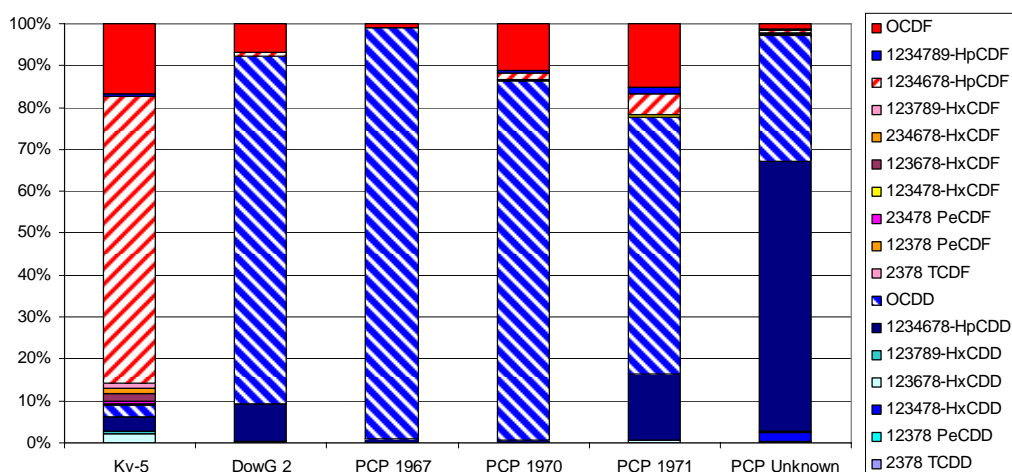
Preparat	År	PCDD (µg/g)	PCDF (µg/g)	Summa Dioxin (µg/g)	WHO TEQ <sup>1</sup> (ng/g)	Ref
Ky-5	Okänd	3,3	21	24	150	[7]
Dowicide G	Okänd	1 300	176	1 476	1 800	[7]
Pentaklorfenol	1967	24 000	290	24 290	1 300 (6 600)	[39]
Pentaklorfenol	1970	260	59	320	31 (66)	[39]
Pentaklorfenol	1971	120	75	190	72 (86)	[39]
Pentaklorfenol	Okänd	12	1,7	140	36 (32)	[39]
Pentaklorfenol	60/70-talet	-	-	2 000– 2 500 000		[43]

1) Halterna angivna inom parantes är I-TEQ ng/g

Figuren nedan redovisar fördelningen mellan tetra- till oktaklorerade dioxiner och de toxiska kongenerna i tre preparat nämligen, Ky-5 från Finland, Dowicide G från Sverige och pentaklorfenol från Japan. Figuren visar på skillnader i kontaminering mellan preparaten, främst så skiljer sig Ky-5 från de andra två, vilka tydligt domineras av OCDD.



Figur 6. Den relativa fördelningen mellan tetra- till oktaklorerade dioxiner i sex olika analyser av klorfenolbaserade dopningsmedel, i detta fall tre olika preparat, Ky-5, Dowicide G och pentaklorfenol från fyra olika tillverkningsår. Rödfärgade fält återger andelen av olika PCDF-kongener medan blåfärgade återspeglar mängden PCDD [7,39].



**Figur 7. Den relativa fördelningen mellan de 17 toxiska kongenerna i sex olika analyser av klorfenolbaserade doppningsmedel, Ky-5, Dovicide G och pentaklorfenol från fyra olika tillverkningsår. Rödfärgade fält återger andelen av olika PCDF kongener, medan blåfärgade återspeglar mängden PCDD [7,39].**

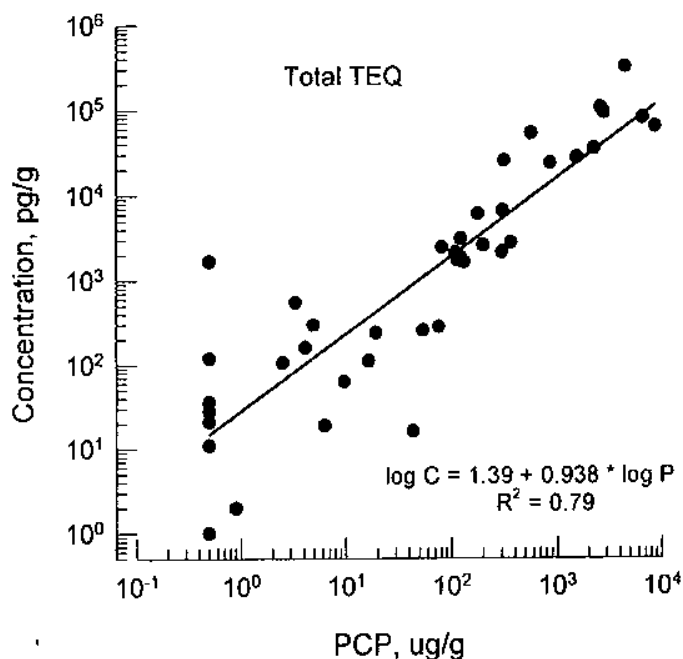
När det gäller innehållet av dioxiner i KP Cuprinol och BP Hylosan så var producenterna av dessa medel angelägna om att visa att de inte innehöll dioxin överhuvudtaget eller att de innehöll de mindre farliga varianterna. Exempelvis meddelade leverantören Kymmene AB, till producenten av KP Cuprinol, Bönnelyche & Thuröe AB, i en skrivelse daterad 1971-10-13 [40], att ”vår polyklorfenol är direktklorerad och sålunda icke innehåller dioxiner”. De hävdade också att ”vår polyklorfenol är det enda av motsvarande preparat, som icke innehåller dioxiner”.

IVL utförde på uppdrag av Svenska BP AB analys av BP Hylosan från produktionsstället i Jönköping, varvid följande dioxinhalter uppmättes i två prover [41]: heptaklordibensodioxin 1,8 respektive 1,1 µg/g samt oktaklordibensodioxin 26,8 respektive 14,9 µg/g.

Svenska BP AB, anför i sin besvärsskrivelse till Jordbruksdepartementet 1977-06-30 beträffande innehållet av dioxin i pentaklorfenol (42): ”I PCP återfinns endast oktaklor-dibenzo-p-dioxin (OCDD), vilken är mindre giftig än PCP. OCDD tycks inte ha karcinogena eller teratogena egenskaper. Det finns inget som tyder på att OCDD kan brytas ner till giftigare dioxiner”.

## 5.2 Dioxinförekomst i impregnerat trä

Det finns relativt lite information publicerad som redovisar dioxinförekomst i behandlade träprodukter. De data som finns tillgängliga visar dock på relativt låga toxiska halter i olika träprodukter. Orsaken till de låga toxiska halterna är att det i huvudsak endast finns de högklorerade dioxinerna i produkterna, vilka besitter en relativt låg toxicitet. Tabell 6 nedan visar en sammanställning av dioxinhalten i ett antal olika produkter och avfall från sågverk [11,44-46]. Två prov tagna på deponerat avfall från två olika sågverk visar på en stor spridning i TEQ, från 0,067 till 2,1 ng/g avfall [45]. Ett resultat som både visar på vikten av provtagningsmetod samt att halterna i material också kan variera kraftigt. I samband med en dioxinexponeringsstudie av nötkreatur analyserades halten klorfenol och dioxin i diverse olika trämaterial som användes i byggnationer vid djuren [11]. En tydlig positiv linjär relation mellan halten klorfenol och dioxin i träproverna noterades (Figur 8). I artikeln har tyvärr inga data angivits som kan koppla mängden klorfenol och dioxin till antalet användningsår.



**Figur 8.** Relation mellan halten klorfenol och WHO-TEQ i trämaterial som används för byggnationer kring nötkreatur [11].

Lorber *et al.* [46] har utfört en relativt stor studie på halten av dioxin i kraftledningsstolpar. Två prover togs på nybehandlade stolpar innan de togs i bruk samt från stolpar som hade använts mellan 1 till 34 år. Vidare togs också prover från olika djup i stolparna. Studien visar på en anrikning av dioxin i ytan, vilket mest troligt kan förklaras med en migration från centrum mot ytan av stolpen [46]. Analysresultaten från stolparna i (Tabell 6) visar på en sjunkande halt dioxin i träprodukterna med tiden. Ett resultat som indikerar att dioxinerna migrerar från stolpen till närliggande mark eller bryts ned och att hastigheten varierar avsevärt mellan olika objekt. Det bör dock noteras att underlaget inte är allt för stort i denna undersökning och att det kan förekomma individuella variationer mellan provobjekt.

**Tabell 6.** Halten av dioxin uttryckt som TEQ i olika träprodukter och restprodukter från sågverk. Halten är angiven i ng/g ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Dioxin halten är angivna i samma enhet som källreferensen dvs antingen I-TEQ eller WHO-TEQ.

Produkt	TEQ (ng/g)	Referens
Ky-5 behandlat virke*	38	[44]
Virke från jordbruk	0,016-315	[11]
Avfall från sågverkstipp	0,067 och 2.1	[45]
Kraftledningsstolpe nybehandlad 1996	3,1	[46]
Kraftledningsstolpe nybehandlad 1999	6,8	[46]
Kraftledningsstolpe efter 1 års användning	15	[46]
Kraftledningsstolpe efter 4 års användning	14 och 15	[46]
Kraftledningsstolpe efter 11 års användning	6,3 och 14	[46]
Kraftledningsstolpe efter 24 års användning	7,7	[46]
Kraftledningsstolpe efter 34 års användning	0,71	[46]

\*Trä som har legat i botten på ett dopningskar

Ref [44] och [45] är TEQ angivet som I-TEQ

Ref [46] är TEQ angivet som WHO-TEQ

Ett tidigare arbete av Morgan och Purslow [47] visade också på en förlust av klorfenoler i produkten med tiden. Tydliga minskningar noterades under loppet av två år. Nu bör det tilläggas att klorfenoler transporteras och transformeras betydligt lättare än de tyngre organiska molekylerna dioxiner i naturen bland annat *p.g.a.* deras polaritet.

### 5.2.1 Klorfenol- och dioxinbestämning av behandlat trä

För att få en uppskattning om mängden dioxin bundna i produkter som används i samhället idag har fyra prover analyserats (inomhuspanel, fältförsöksstav och kraftledningsstolpe). Fältförsöksstaven delades upp i två prover, ett från den del som varit exponerad ovan mark och ett från den del som stått i marken, för att studera eventuella skillnader i dioxin- och pentaklorfenolinnehåll. Data presenteras i Tabell 7.

Inomhuspanelen kommer från en simhall i Finspång (Figur 4), vilket enligt dokumentationen byggdes år 1967. Panelen impregnerades enligt Svenska BP AB med BP Hylosan. Impregneringen kan ha förväntats ge en upptagning av c:a 5 kg pentaklorfenol per m<sup>3</sup> splintved.

Fältförsöksstaven var impregnerad med KP Cuprinol och kommer från ett fältförsök med träskyddsmedel som Nordiska Träskyddsrådet (NTR) igångsatte 1968 [34]. Den aktuella staven har stått ute i ett försöksfält tillhörande Teknologisk Institut i Tåstrup i Danmark och var den sista kvarvarande av den serie som impregnerades med KP Cuprinol. Upptagningen av impregneringsmedel i staven var ursprungligen c:a 2,2 kg/m<sup>3</sup> (ca 0,5 % m/m) med avseende på Na-PCP och c:a 3,9 kg/m<sup>3</sup> (ca 0,8 % m/m) med avseende på koppar, jämför Tabell 1. Den aktuella staven var i detta fall behandlad med ungefär dubbelt så höga halter av klorfenoler än vid normalt bruk. För att få kunskap om upptagningen av koppar i fältförsöksstavens delar ovan och under mark bestämdes även den i proverna.

Provet från kraftledningsstolpen kom från ovan markdelen av en stolpe av douglasgran som varit i bruk i c:a 25 år i västra Oregon i USA. Den ursprungliga upptagningen av pentaklorfenol kan antas ha varit 9-10 kg/m<sup>3</sup>, *d.v.s.* i runda tal dubbelt så hög som normalt tillämpades vid impregnering med BP Hylosan.

**Tabell 7. Mängden pentaklorfenol (mg/kg), PCDD och PCDF (ng/kg) i inomhuspanel från 1967 och fältförsöksprovstav från 1968 samt en c:a 25 år gammal kraftledningsstolpe från Oregon, USA. Halten koppar har också bestämts i fältförsöksprovstaven.**

	Inomhus- panel	Provstav ovan mark	Provstav i mark	Kraftlednings- stolpe
2378-TCDD	70	24	12	86
12378-PeCDD	170	1 000	860	1 100
123478-HxCDD	150	60	59	2600
123678-HxCDD	4 700	12 000	40 000	110 000
123789-HxCDD	580	2 500	9 600	7300
1234678-HpCDD	130 000	8 800	30 000	1 700 000
OCDD	1 100 000	4 300	13 000	11 000 000
2378-TCDF	270	5,5	<2	470
12378-PeCDF	90	11	18	3 200
23478-PeCDF	130	19	48	3 300
123478-HxCDF	810	85	1 100	11 000
123678-HxCDF	360	85	470	5 500
123789-HxCDF	620	19	250	11 000
234678-HxCDF	790	110	1 000	13 000
1234678-HpCDF	40 000	13 000	260 000	130 000
1234789-HpCDF	4 300	48	800	8100
OCDF	240 000	9 900	230 000	70 000
I-TEQ (ng/kg)	4 100	2 300	8 900	49 000
Eadon-TEQ (ng/kg)	630	1 500	2 600	8 400
Pentaklorfenol (mg/kg)	660	260	9,8	8 400
Cu (vikts-%)	-	0,25	0,18	-



Analysresultaten av provstaven från Danmark visar på tydliga skillnader ovan och under mark. Halten dioxin är ungefär fyra gånger högre, medan pentaklorfenolhalten är c:a 30 gånger lägre i den delen av staven som varit i marken. Detta tyder på snabbare transport och nedbrytning av dioxiner ovan mark än i, mest troligt *p.g.a.* påverkan av väder och vind. Vidare är både halten och den relativa halten av de högklorerade (okta och hepta) kongenerna betydligt högre i staven i mark. En anrikning av de högklorerade kongenerna är inte oväntad och har visat sig i många andra matriser i naturen. Ökningen kan orsakas av både nybildning av de högklorerade eller/och en snabbare nedbrytning av de lägre kongenerna [1,2]. Eftersom rörligheten av dioxiner i jord och mark är relativt låg föreligger en risk att de dioxinerna har ackumulerats i jorden runt stolpen [4,5]. Medelvärde (både under och ovan mark) på halten dioxin i den 40-åriga provstaven (5,6 µg/kg) är en tiopotens högre än motsvarande tidigare rapporterade halter funna i kraftledningsstolpar (Tabell 6). En av förklaringarna till den något höga halten kan vara att staven var behandlad med dubbelt så höga mängder klorfenol än brukligt.

De lägre halterna av pentaklorfenol och koppar i provstaven under mark tyder på en snabbare nedbrytning och transport i jordmatrisen än i luft. Ett resultat som stämmer bra med andra erfarenheter [58]. Jämfört med den angivna ursprungliga upptagningen, så kan man notera att c:a 30 % av koppars kvar finns kvar i ovan markdelen och drygt 20 % i delen som exponerats för markmatrisen.

Analysen av stolpen från Oregon visar att kvarvarande upptagning av pentaklorfenol är c:a 50 % av tillförd mängd. Halterna dioxiner är förhållandevis höga trots att stolpen har varit i bruk i c:a 25 år. Orsaken till de höga halterna kan vara höga initiala halter eller långsam transport och nedbrytning än för de tidigare refererade produkterna i Tabell 6.

Den klorfenolbehandlade panelen från simhallen i Finspång har en mycket låg kvarvarande upptagning av pentaklorfenol. Orsaken till detta är inte känd, men det antyder på att upptagningen initialt varit låg i den aktuella brädan. Tydliga kvarvarande halter av både PCDD och PCDF finns emellertid ännu idag. Ett resultat som var väntat, eftersom den behandlade produkten inte har varit utsatt för någon hård påfrestning *m.a.p.* luft, vatten och UV-ljus. En tydlig oktadominans noteras i provet, både gällande för OCDD och OCDF. Halten av OCDD i panelen är dock totalt dominerande i provet (motsvarande över 70 % av total halten).

## 6 Bortskaffning av klorfenolbehandlat trä

När det gäller avfallshantering skiljer man på bearbetningsavfall, kapbitar, sågspån och kutterspån, som uppkommer vid bearbetning av det behandlade virket, samt utranterat virke, *d.v.s.* sådant som kasseras *p.g.a.* föremålets brukstid av olika orsaker är över.

I dag omhändertas i stort sett allt avfall i Sverige på ett kontrollerat sätt. För trä och träbaserat material gäller att det i huvudsak förbränns under kontrollerade former i särskilda förbränningsanläggningar. Även tidigare har träbaserat avfall förbränts, såväl i träindustrins egna pannor som i öppna, helt okontrollerade brasor. Stora mängder träavfall lades emellertid också på deponier, *s.k.* byggtippar. Spån som inte eldades upp eller fick annan användning, *t. ex.* spånskivor eller strö i djurstallar, lades ofta på spåndeponier. Dessa spåndeponier finns ofta kvar och bör därför vara intressanta att kartlägga och utreda vidare.

Hos enskilda konsumenter kan givetvis förbränning i villapannor och öppna brasor förekommit, men det torde ha utgjort en mycket begränsad del av all avfallshantering.

Det finns av förklarliga skäl inga uppgifter om hur avfall från klorfenolbehandlat virke omhändertagits, men ju senare i tiden det utranterats, desto större är chansen att det förbränts under kontrollerade former.

Bortskaffning genom kontrollerad förbränning är idag den metod som säkrast förhindrar att ytterligare dioxiner inte sprids genom diffusa utsläpp. Dioxiner och andra klorerade aromatiska ämnen som finns bundna i det behandlade virket destrueras snabbt under det kontrollerade förbränningsförloppet. Dioxiner nybildas därefter i konvektionsstråket i anläggningen och dessa binds i rökgasreningen och deponeras därefter under kontrollerade förhållanden på en deponi. Det finns idag inga belägg för att större mängder dioxiner sprids från en väl fungerande anläggning *p.g.a.* mer eller mindre inblandning av klorfenolbehandlat virke. Emissionsdata från 10 % samförbränning av klorfenolbehandlat trä med kol visar på oförändrade emissioner [48]. Vid en jämförelse av dioxinhalter i askor tagna från en anläggning med dålig förbränning uppvisade dock flygaskan från förbränning av kontaminerat trä förhöjda halter [49]. Resultat som visar på vikten av att det behandlade virket destrueras vid goda förbränningsförhållanden.

Meier D. *et al.* [53] har studerat pyrolys av behandlade träprodukter i pilotskala (5 kg/timme). Träprodukter kontaminerade både med oorganiska och organiska träskyddsmedel undersöktes. En kraftig ökning av dioxinbildningen noterades när klorfenolbehandlade träprodukter pyroloyserades jämfört med referensfallet [53].

Destruktion av olika material genom en öppen brasa, *d.v.s.* okontrollerad förbränning, genererar allmänt sett höga utsläpp av dioxiner. I en relativt nygjord studie undersöktes utsläppsnivåerna från öppen okontrollerad förbränning direkt på marken av rent trädgårdsavfall samt av trädgårdsavfall med inblandning av utsorterade avfallsfraktioner (RDF). Halterna av dioxin var mycket höga vid båda experimenten, mer än 30 ng WHO-TEQ per kg bränsle [50]. I detta arbete undersöktes också emissionerna av samma bränsleblandning vid något bättre förbränningsförhållanden, *d.v.s.* i ett preparerat oljefat istället för direkt på marken. Något förhöjda emissioner noterades från öppen förbränning direkt på marken jämfört med okontrollerad förbränning i oljefat. En annan studie vid okontrollerad förbränning i laboratorieskala med fyra olika träbränslen, två naturliga och två kontaminerade (fiberskiva och spånskiva), visade på högre dioxinmissioner från de kontaminerade träbränslena, 15,4 - 20,4 jämfört med 0 - 2,5 WHO-TEQ<sup>1</sup> ng/kg [51].

<sup>1</sup> Författarna har antagit att den rapporterade halten är angiven i WHO, men det är inte specificerat i källreferensen [51]

Den främsta orsaken till att höga halter dioxiner bildas vid okontrollerad förbränning är att syretillförseln i processen är mycket ojämn. I vissa delar av högen råder pyrolys, medan andra delar brinner väldigt häftigt. Detta skapar förhållanden som gynnar dioxinbildning samt att delar av dioxinerna i materialet kanske inte bryts ned fullständigt. Det finns av naturliga skäl inga uppgifter om omfattningen av okontrollerad förbränning av klorfenolbehandlat virke. Att okontrollerad förbränning har skett både i industrin och hos privatpersoner är ganska säkert men att den successivt har minskat sedan början av 1970-talet, då Naturvårdsverket gav ut sina första anvisningar om träimpregnering [54]. I dessa rekommenderades deponering som fyllnadsmassor eller förbränning under kontrollerade former.

I slutet av 80-talet brann uppskattningsvis 4 500 kg av pentaklorfenol upp i samband med en 6,5 timmes lång brand i ett sågverk i USA. Branden var mycket kraftig och en stor svart rökpilm spred sig i närområdet. Hälsoundersökningar i området visade på förhöjda halter av dioxin, då framförallt OCDD, men de uppmätta nivåerna visade sig inte vara toxiska för de boende. Den högsta detekterade nivån av dioxin i jordprov uppvisade 70 ppt tetra-CDD och 15 ppb OCDD [52].

Deponering av klorfenolbehandlade träprodukter är en mycket dålig bortskaffningsmetod, eftersom den innebär en risk för diffusa utsläpp under en mycket lång tid samt en energiförlust för samhället. Det finns idag inga data över vilka mängder utrangerade, behandlade träprodukter som har lagts på deponi.

Komposteringsexperiment utfört på Ky-5 behandlat virke visade på något förhöjda halter av dioxin efter 25 veckors kompostering [44]. Det ska dock påpekas att halterna endast är obetydligt högre än referensfallet. En annan studie visade också att den mikrobiella nedbrytningen av dioxiner i behandlade träprodukter var mer eller mindre obefintlig efter åtta veckors laboratorieförsök [55]. Resultaten antyder att mängden dioxin i de utrangerade träprodukterna sannolikt inte bryts ned *p.g.a.* biologisk aktivitet på deponin. Vidare noterades förhöjda halter av dioxiner i ytskiktet på marken där de Ky-5 behandlade virket hade förvarats. Resultat som både kan förklaras med direkt kontaminering av Ky-5 men även *p.g.a.* nedbrytning av de behandlade träprodukterna som har legat på marken under lång tid. Eftersom dioxinerna binder hårt till den organiska fasen stannar de med största sannolikhet kvar i marken efter det att träprodukten har multnat [44]. Läckage av dioxiner från behandlade telefonstolpar till kringliggande mark har också redovisats i två andra studier [56,57].

Nedbrytning av klorfenoler och dioxiner i Ky-5 kontaminerade jordar har också studerats av Laine *et. al.* [58] i fyra komposter under nio veckor. Dessa försök visade på en oförändrad halt av dioxin i komposten medan en tydlig nedbrytning av klorfenol noterades. Ingen bildning av toxiska metaboliter *p.g.a.* klorfenolnedbrytning eller polymerisation kunde heller påvisas. Vidare har undersökningar i fält visat att 90 % av klorfenolerna i jorden försvinner efter de första 6 månaderna [58].

De ovan nämnda resultaten stämmer bra med tidigare teorier att dioxiner bundna till organiskt material är svårtillgängliga för biologiska omvandlingsmekanismer [4]. Resultat som indikerar att om dioxin har tillförts en deponi genom kontaminerade träprodukter så finns den största mängden dioxin sannolikt kvar på deponin bunden till trä- och jordrester även idag.

## 7 Diskussion

### 7.1 Uppskattning av dioxin i samhället från klorfenolbehandlade träprodukter

I en tidigare rapport av Naturvårdsverket [59] uppskattades mängderna av dioxin (summa PCDD och PCDF) i samhället *p.g.a.* användning av klorfenolbehandlade träprodukter till 30 kg. Denna mängd beräknades utifrån data baserade på totalproduktionen av klorfenol i samhället och att 90 % av denna mängd var bundna i produkter. Därefter antogs att delar av produkterna var utrangerade samt att 15 % av dioxinerna hade avdunstat. En motsvarande beräkning utfördes i Danmark 1999 och 2003 och där uppskattades halterna i produkter i samhället totalt innehålla 100 till 5 000 g I-TEQ [60].

För att kunna göra några uppskattningar om hur mycket dioxin som kan finnas i samhället i klorfenolbehandlat virke, så är så goda kunskaper som möjligt om följande förhållanden nödvändiga:

- a. Mängden dioxin som finns i det behandlade virket.
- b. Mängden klorfenolbehandlat trä som ännu finns i bruk

Mängden dioxin som finns i det kvarvarande materialet har i föreliggande rapport beräknats utifrån tillgängliga analysdata enligt tabell 8:

**Tabell 8. Sammanställning över vilka mängder dioxiner (I-TEQ µg/kg) som tillämpats för beräkning av kvarvarande mängd dioxin i virke som behandlats på olika sätt.**

Behandling	Dioxinhalt (I-TEQ µg/kg)
<b>Tryckimpregnerat</b>	
* KP Cuprinol	Max = 8,9; Min = 2,3
* BP Hylosan	Max = 49; Min = 4,1
<b>Doppat</b>	Max = 3,8; Min = 0,1
<b>Gör-Det-Självt</b>	Max = 4,9; Min = 0,1
<b>Saneringsprodukter</b>	Max = 4,9; Min = 0,1

Mängden av dioxin i produkter behandlade med KP Cuprinol har baserats på analysvärdena ovan och under mark från provstaven i fältförsöket i Danmark (Tabell 7). Staven var i det aktuella fallet behandlad med den dubbla mängden jämfört med den normala halten, varför den kvarvarande dioxinhalten kan anses vara ett maximivärde. Men då halterna av dioxin troligtvis är högre i produkter som har används inomhus eftersom den inte har exponerats för väder och vind så kan den förhöjda halten i provstaven anses vara ett representativt värde för de båda användningsområdena.

För uppskattning av mängden dioxin i BP Hylosan behandlade produkter har värdet från stolpen i Oregon samt inomhuspanelen använts som riktmärke (Tabell 7). Den aktuella stolpen var behandlad med en upptagning som var dubbelt så hög som var brukligt för det Hylosan-impregnerade virket, så värdet kan även här betraktas som ett slags maximivärde. Det detekterade värdet i inomhuspanelen visar på närmare tio gånger lägre halt och används vidare som minivärde.

För de doppade produkterna har ett maximivärde baserats på ett analysvärde av en träbit som har legat i botten på ett dopningskar (Tabell 6). Eftersom vi inte vet hur länge den analyserade biten har exponerats för impregneringsvätskan antar vi att den analyserade halten är minst 10 ggr högre än normalhalten samt att vi ansätter ett värde nära noll som minivärde eftersom majoriteten av produkterna hyvlades. Antagandet om minst 10 ggr högre än normalhalt är baserat på att halten i doppat virke inte rimligen kan vara högre än

i virket som har tryckimpregnerats. Det bör dock noteras att även denna reduktion till 10 ggr lägre mest troligt är en orimligt hög halt för doppat virke.

Samma förhållningssätt, *d.v.s.* uppskattning av ett maximi- och minimivärde, har använts för Gör-det-själv och saneringsprodukter. Eftersom data från kvarvarande produkter från dessa aktiviteter saknas har en 10 ggr lägre halt från tryckimpregnerade produkter med BP-hylosan använts som maximivärde samt ett nära noll som minimivärde.

Uppskattningar om kvarvarande mängd klorfenolbehandlade träprodukter har gjorts på basis av tillgänglig kunskap om den mängd som ursprungligen använts samt vilken ungefärlig brukstid man kan räkna med hos virket.

När det gäller livslängden kan man göra antaganden enligt:

- Inbyggt virke, exempelvis paneler, skivor och syll, har i princip obegränsad livslängd. Om byggnaden finns kvar så finns det inbyggda virket normalt kvar.
- KP Cuprinol-impregnerat trä, som byggs in som syll, har dock i åtskilliga fall ersatts med annat virke, *p.g.a.* problem med mögellukt.
- Virke i utomhusanvändningar ovan mark, kan säkert i åtskilliga fall finnas kvar i bruk, under förutsättning att estetiska aspekter inte medfört rivning eller utbyte.
- Virke i markkontakt, oavsett om det varit tryckimpregnerat eller endast bestruket/doppat, har med stor sannolikhet blivit obrukbart och bytts ut. Livslängden för ytligt behandlat, bestruket eller doppat virke i markkontakt är i storleksordningen 5-20 år beroende på hur behandlingen har utförts [36], medan det tryckimpregnerade med KP Cuprinol och BP Hylosan enligt provningar bör ha fått en livslängd på 15-30 år [37,38].

Med hjälp av dessa antaganden och med tillgänglig information och uppskattningar avseende produktionen kan man få fram **följande tänkbara scenario** för kvarvarande mängd klorfenolbehandlat trä:

#### **Tryckimpregnerat trä:**

- ca 30 % har använts i markkontakt; allt har utrangerats ingenting finns kvar i samhället. Dock kan dioxiner som lämnat konstruktionen fortfarande finnas kvar i marken där konstruktionen stod.
- ca 70 % har använts ovan mark *inkl* inbyggt inomhus och av detta finns fortfarande 50 % kvar i bruk. Det innebär att c:a 240 000 m<sup>3</sup> (ca 115 000 ton) KP Cuprinol-impregnerat och c:a 40 000 m<sup>3</sup> (ca 20 000 ton) BP Hylosan-impregnerat trä fortfarande är i bruk, motsvarande totalt ca 125 respektive 100 ton, räknat som pentaklorfenol.

#### **Dopningsbehandlat trä:**

- ca 75 % av det dopningsbehandlade virket finns kvar som inbyggt virke i byggnader, även innefattande spånskivor som framställts av kutterspån från klorfenolbehandlat virke.
- Även om det förutsatts att den största delen av det dopningsbehandlade virket hyvlats för användning, så kan man för säkerhets skull ändå anta att 5 % av det kvarvarande virket, motsvarande c:a 500 000 m<sup>3</sup> eller c:a 250 000 ton innehåller klorfenoler och därmed dioxiner.

#### **Gör det själv:**

- Ca 30 % har använts i markkontakt och allt har utrangerats. Dock kan dioxiner som lämnat konstruktionen fortfarande finnas kvar i marken där konstruktionen stod.

- Virke ovan mark *inkl* inbyggt inomhus har utgjort 70 % av användningen och c:a 40 % finnas kvar, vilket skulle innebära storleksordningen c:a 55 ton, räknat som pentaklorfenol. Med en upptagning på c:a 0,2 kg/m<sup>3</sup>, motsvaras detta av c:a 250 000 m<sup>3</sup> virke, d.v.s. c:a 130 000 ton.

### **Sanering:**

- Ca 75 % av det behandlade virket finns kvar, vilket motsvarar c:a 10 ton klorfenoler. Med motsvarande resonemang som för Gör-det-själv motsvaras detta av c:a 25 000 ton virke.

Med nämnda scenario för kvarvarande mängder klorfenolbehandlat virke och dioxinhalter i tabell 8, så redovisas kvarvarande mängder dioxin idag, uttryckta som kg I-TEQ, i Tabell 9. En jämförelse med totalt tillförd mängd dioxin, baserad på analysdata för olika klorfenolprodukter enligt Tabell 5 redovisas också. Eftersom halterna av dioxin varierar i de olika analyserade produkterna både med produktnamn och år har vi i beräkningarna tillämpat det högsta och lägsta värdet i Tabell 5. Eftersom data i källmaterialet har presenterats med olika toxiska beräkningar har resultatet här presenterats i I-TEQ, eftersom den angivelsen förekom oftast.

**Tabell 9. Sammanfattande tabell över uppskattade mängder kg dioxiner (I-TEQ) tillförda till samhället i samband med tillverkning av behandlade träprodukter angivna som totalt ackumulerat över tiden, samt uppskattade mängder kvarvarande i träprodukter i samhället idag. Bilaga 1 redovisar hur beräkningarna har utförts.**

	Kvarvarande mängd idag	Ackumulerad tillsatt mängd
<b>Tryckimpregnerat</b>		
* KP-Cuprinol	1,0 – 0,3	100 – 20
* BP-Hylosan	1,0 – 0,1	
<b>Doppat</b>	1,0 – 0,0	220 – 45
<b>Gör-Det-Själv</b>	0,6 – 0,0	30 – 6
<b>Saneringsprodukter</b>	0,1 – 0,0	2 – 0
<b>Summa</b>	<b>3,7 – 0,4 kg</b>	<b>360 – 70 kg</b>

Således uppskattas att det idag finns mellan 3,7 och 0,4 kg dioxin (I-TEQ) i samhället bundet till behandlade träprodukter<sup>2</sup>. Den stora spridningen i uppskattning beror på den stora variationen i analysdata. De antaganden som har gjorts beträffande mängd kvarvarande produkter är medvetna, men sannolikt mindre, överskattningar för att inte underskatta dessa mängder.

Ackumulerad tillförd mängd uppskattas med de givna förutsättningarna varit totalt mellan 360 kg och 70 kg dioxin (I-TEQ). Den övre angivna halten beräknades med en uppskattad maximalhalt motsvarande 150 ng I-TEQ/g pentaklorfenolprodukt. Detta värde har uppskattats genom angivna värden i litteraturen (Tabell 5). De högsta rapporterade halterna i Tabell 5 anser vi inte vara representativa för majoriteten av klorfenolpreparaten som användes under hela den aktuella tidsperioden. Det angivna minivärdet i Tabell 9 ovan är nog närmare verkligheten eftersom kontamineringsgraden i preparaten minskade över tid som en följd av åtgärder från tillverkarnas sida.

## **7.2 Förslag till åtgärder**

Inom detta arbete har många timmar spenderats och kontaktnät utnyttjats för att hitta representativa och bra provobjekt för bestämning av dioxinhalten i produkter idag. Att det har varit svårt att finna dessa provobjekt ger en indikation om svårigheten i att genomföra någon form av storskalig sanering av klorfenolbehandlat material i samhället.

<sup>2</sup> För doppade produkter kan även den uppskattade halten delvis också ta hänsyn till hyvelspån som fortfarande finns i samhället.

Att klorfenolbehandlade träprodukter har orsakat spridning av dioxin i samhället råder det ingen tvekan om. Föreliggande utredning indikerar emellertid att mängden trä och träbaserade produkter behandlade med klorfenolhaltiga preparat som fortfarande finns i bruk är förhållandevis liten och troligtvis i huvudsak lokaliserad till södra och sydvästra Sverige. För att med säkerhet kunna fastställa om en produkt är behandlad med ett klorfenolhaltigt preparat krävs en relativt kostsam kemisk analys. Att genomföra en samlad saneringskampanj med avseende på klorfenolbehandlat trä kommer därför att bli mycket komplicerad och tillika kostbar. Inga tydliga kopplingar till negativa hälsoeffekter på människa eller djur har noterats i något av de tidigare refererade arbetena, trots att de har utsatts för relativt hög exponering för klorfenolbehandlade produkter och kontaminerade miljöer [11-16]. Med detta som grund är det sannolikt inte någon hälsofara att bo i hus där klorfenol har används eftersom doserna troligen är mycket låga. Eventuella insatser bör snarast vägas mot den nytta som de kan göra genom att begränsa dioxiners spridning till miljön där de bioackumuleras och bidrar till fortsatt exponering av människor och miljö.

Mot bakgrund av detta resonemang anser vi att den effektivaste och möjligaste åtgärden för att uppnå en minskad spridning av dioxin från klorfenolbehandlade produkter är att verka för att **allt** rivningsvirke tas om hand och förbränns i avfallsanläggningar under kontrollerade former. **Rivningsvirke ska inte förbrännas i öppna brasor eller i anläggningar som enbart är avsedda för rent biobränsle.**

Med anledning av att det kan finnas spåndeponier kvar, främst vid hyvlerier belägna i Sydsverige, som innehåller kontaminerat spån kan det vara intressant att inventera och uppskatta hur stor källa dessa är. Det kan också vara av intresse att undersöka om spånskivor som tillverkades under 1960- och 1970-talen, och som användes framför allt till väggar, golv och möbler, är någon signifikant dioxinkälla mot bakgrund av de uppgifter som finns om användning av klorfenolkontaminerade spån vid tillverkningen.

## 8 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras från utredningen:

- Några tillförlitliga exakta siffror på den totala mängden virke för den svenska marknaden som behandlats med klorfenoler och motsvarande mängd förbrukad klorfenol har inte varit möjligt att få fram. De högsta halterna fanns emellertid i det tryckimpregnerade virket, och totalt impregnerades under perioden 1956-1978 c:a 800 000 m<sup>3</sup>, vilket motsvarar en förbrukning av klorfenoler, räknat som pentaklorfenol, på totalt c:a 640 ton.
- Huvudparten av de behandlade träprodukterna har utgjorts av sågat och hyvlats virke till huskompletteringar samt konstruktionsvirke.
- Det doppade virket har oftast hyvlats innan användning och det är därmed en liten källa till spridning av klorfenol och dioxin i miljön. Däremot kan hyvelspånet vara en källa för spridning genom att det dels utnyttjats för spånskivetillverkning och dels hamnat i spåndeponier. En pågående utredning indikerar att antalet doppningsanläggningar i Sverige förmodligen överskrider 500 stycken och att de var spridda över hela landet, dock med en tyngdpunkt i södra Sverige.
- Både produktion och användning av klorfenolbehandlade träprodukter var störst i södra och sydvästra Sverige.
- Tryckimpregnerade träprodukter är mest troligt den största källan av alla behandlade träprodukter till spridning av dioxin i samhället.
- Halten dioxin i träprodukterna sjunker med tiden, men mycket långsamt. En migration från produktens kärna till ytan har också påvisats, vilket tyder på att dioxinerna lämnar produkten genom avdunstning/diffusion.
- Kontrollerad termisk destruktion är den enda metoden som säkert bryter ner dioxinerna i produkterna och minskar den diffusa spridningen i miljön. Kompostering visar inga tydliga tecken på nedbrytning.
- Den totala mängden dioxin (I-TEQ) i miljön och samhället har uppskattats till maximalt 3,7 kilo. Det bör påpekas att det finns stora osäkerheter i denna uppskattning och att mängden kvarvarande produkter troligen överskattats i samband med dessa beräkningar.
- Kvarvarande mängd dioxin återfinns till större som diffusa källor i samhället vilket försvårar saneringsarbete. Åtgärder bör i stället sättas in för att styra **alla** flöden av rivningsvirke mot kontrollerad förbränning i avfallspannor och förhindra okontrollerad förbränning som öppna brasor och förbränning i anläggningar avsedda endast för rent biobränsle. Vidare kan det vara intressant att kartlägga och undersöka inbyggda spånskivors samt byggavfall- och spåndeponiers betydelse för spridning av dioxiner i samhället.



## 9 Litteraturförteckning

**1 Gadomski Damien, Ph D thesis, Investigation into the presence of PCDDs in ball clay exhibiting the natural formation profile, Civil Engineering and Geological Science, University of Notre Dame, Notre Dam, Indiana, USA, 2005, order No DA3166482**

**2 Gadomski, D., Mandalakis, M., Tysklind, M., Irvine, R., Andersson P., Gustafsson, Ö., Origin of PCDDs in Ball Clay Assessed with Compound-Specific Chlorine Isotope Analysis and Radiocarbon Dating. Environmental Science and Technology, 2006, 40, 3730**

**3 M. van den Berg, L.S. Birnbaum, M. Denison, M. De Vito, W. Farland, M. Feeley, H. Fiedler, H. Hakansson, A. Hanberg, L. Haws, M. Rose, S. Safe, D. Schrenk, C. Tohyama, A. Tritscher, J. Tuomisto, M. Tysklind, N. Walker, and R. E. Peterson. The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. Toxicol. Sci, 2006, 93, 223-241**

**4 Halden R.U., Dwyer D.F., Biodegradation of dioxin-related compounds: A review. Bioresour J 1997,1, 11**

**5 Jones K.C., Johnston A.E., McGrath S.P., Historical Monitoring of Organic Contaminants in soils. Long-term Experiments in Agricultural and ecological Sciences. CAB International, 1994, 147**

**6 Persson, Y., Ph.D Thesis, Chlorinated Organic Pollutants in Soil and Groundwater at Chlorophenol-Contaminated Sawmill Sites, Department of Chemistry, Umeå University, 2007.**

**7 Persson, Y., Lundstedt, S., Öberg, L., Tysklind, M., Levels of chlorinated compounds (CPs, PCPPs, PCDEs, PCDFs and PCDDs) in soils at contaminated sawmill sites in Sweden. Chemosphere, 2007, 66, 234.**

**8 Frankki, S., Persson, Y., Shchukarev, A., Tysklind, M., Skylberg, U., Partitioning of chloroaromatic compounds between the aqueous phase and dissolved and particulate soil organic matter at chlorophenol contaminated sites. Environmental Pollution, 2007, 148, 182**

**9 Persson, Y., Hemström, K., Öberg, L., Tysklind, M., Enell, A., Use of column leaching test to study the mobility of chlorinated HOCs from a contaminated soil and the distribution of compounds between soluble and colloid phase. Chemosphere, 2008, 71, 1035**

**10 Persson, Y., Shchukarev, A., Öberg, L., Tysklind, M., Monitoring and fate of persistent chemicals (POPs) including new compounds, e.g., endocrine and dioxin-like compounds., Environmental Science and Pollution Research, 2008, Accepted for publication.**

**11 Fries, G.F., Feil, V.J., Zaylskie, R.G., Bialek, K.M., Rice, C.P., Treated wood in livestock facilities: relationship among residues of pentachlorophenol, dioxins, and furans in wood and beef. Environmental Pollution, 2002, 116, 301**

**12 Fries, G.F., Paustenbach, D.J., Mather, D. B., Luksemburg, W. J., A congener Specific Evaluation of Transfer of Chlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans to Milk of Cows following Ingestion of Pentachlorophenol-treated Wood. Environmental Science and Technology, 1999, 33, 1165**

**13 Harnely, M.E., Petreas, M.X., Flattery, J., Goldman, L.R., Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Dibenzofuran Contamination in Soil and Home-Produced Chicken Eggs Near Pentachlorophenol Sources. Environmental Science and Technology, 2000, 34, 11**

**14 Dahlgren, J., Warshaw, R., Horsak, D.R., Parker III, M.F., Takhar, H. Exposure assessment of residents living near a wood treatment plant., Environmental Research, 2003, 92, 99.**

- 15 Lee, C-C., Guo, Y., L., Kuei, Chun-Hisiung, Chang, H-y., Hsu, J-F., Wang, S-T., Liao, P-C.,** *Human PCDD/PCDF levels near a pentachlorophenol contamination site in Tainan, Taiwan.* Chemosphere, 2006, 65, 436.
- 16 Karouna-Renier, N.K., Rao, K.R., Lanza, J.J., Davis, D. A., Wilson, P.A.,** *Serum profiles of PCDDs and PCDFs, in individuals near the Escambia Wood Treating Company Superfund site in Pensacola, FL.* Chemosphere, 2007, 1312
- 17 Jermer, J, Nilsson, K. 1981.** Träimpregneringsindustrin i Sverige. Produktion m m. Svenska Träskyddsinstitutet Meddelande, 1980, Nr 139.
- 18 Jermer, J, Nilsson, K. 1999.** *Inventory of the use of preservative-treated wood and wood preservatives in Sweden 1900-1997.* The Int Research Group on Wood Preservation, Document IRG/WP 99-50137.
- 19 Edlund, M-L.** *Utredning av träskyddsmedel.* Svenska Träforskningsinstitutet. Redogörelse nr 761208/1803/3 åt Naturvårdsverket, 1976.
- 20 Naturvårdsverket.** *Vägledning för efterbehandling av träskyddsanläggningar. 1999,* Rapport 4963.
- 21 Nylinder, P.** *Sågverk 73. Del I. Sågverksindustrins produktion och virkesbehov m m.* Skogshögskolan. Inst för virkeslära Rapport Nr R 95, 1975.
- 22 Englund, A.** *Sågverk 79 Sågverkens produktion och virkesbehov m m.* Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst för virkeslära Rapport Nr 119, 1981.
- 23 Bergqvist, P-A et al.** *Kartläggning av utsläppskällor för oavsiktligt bildade ämnen: PCDD/F, PCP och HCB. Miljö kemi, kemiska institutionen vid Umeå universitet.* Rapportering av uppdrag åt Naturvårdsverket. Kontrakt 505 0302. Dnr 235-6086-03Me.2004
- 24 Bergström, J.** *Hantering av avfall med impregnerat trä. Miljökon.sulterna. Rapport MKS-93/48.* Svenska Träskyddsinstitutet Meddelande Nr 170, 1993.
- 25 Penarth Research Centre.** *Chlorophenol wood treatments. Safety and the Environment.* Record of the first Penarth Conference 27 June 1978.
- 26 Naturvårdsverket.** *Produktkontrollnämndens förteckning över bekämpningsmedel 1975.*
- 27 Statens Provningsanstalt.** *Förteckning över skydds- och bekämpningsmedel mot husbocken, godkända av Statens Provningsanstalt. 1960*
- 28 Naturvårdsverket.** *Dioxin sprids vid sågverken. Träskyddsmedel förbjuds.* Pressmeddelande från Produktkontrollnämnden 1977-05-28, 1977.
- 29 Ingenjörsvetenskapsakademien.** *Träskyddsindustri och träskyddsforskning i Sverige. Bakgrund, nuläge och utvecklingsmöjligheter.* IVA Rapport 223, 1982
- 30 Holmqvist, C, Jermer, J.** *Återanvändning av rivningsvirke.* SP Rapport 1998:15, 1998.
- 31 Nyman, E.** *Lukt från impregnerat trä.* Svenska Träskyddsinstitutet, 1994.
- 32 Jermer, J, Lekander, B.** *Virkesförstörande insekter inomhus. I. Husbock.* Svenska Träskyddsinstitutet Information om träskydd 1979:1, 1979
- 33 Naturvårdsverket.** *Skrivelser i fråga om viss användning av bekämpningsmedel. Yttrande från Produktkontrollnämnden till Jordbruksdepartementet 1983-12-20. 1983*
- 34 Personlig kommunikation:** *J Morrell, Oregon State University, 2008.*

- 35 Personlig kommunikation:** *A Gandolfi Jr, Montana Quimica, M C Rose, Varotec Ltda, A H H Wong University Malaysia Sarawak, D Conradie Arch Chemicals (South Africa), J Norton, Queensland Dept of Primary Industries & Fisheries, L Podgorski, FCBA. 2008*
- 36 Henningsson, B.** *Fältförsök med virke som genom doppning eller bestrykning behandlats med träkonserveringsmedel. Träskyddskommittén Meddelande Nr 103, 1970*
- 37 Bergman, Ö, Mazur, F.** *Fältförsök med träskyddsmedel. 1992 års revision. Svenska Träskyddsinstitutet Meddelande Nr 169, 1994*
- 38 Edlund, M-L, Bergman, Ö.** *NWPC field test with wood preservatives. Results from trials 1968 to 1989. Nordiska Träskyddsrådet NWPC Information No 36/00. 2000*
- 39 Masunaga, S., Takasuga, T., Nakanishi, J.,** *Dioxin and dioxin-like PCB impurities in some Japanese agrochemical formulations, Chemosphere, 2001, 44, 873.*
- 40 Kymmene AB.** *Polyklorfenol (korrespondens med Bönnellyche & Thuröe AB) 1971-10-13. 1971*
- 41 Svenska BP AB.** *Skrivelse till Naturvårdsverket avseende fortsatt dispens för BP Hylosan 1978-03-06. 1978*
- 42 Svenska BP AB.** *Besvärsskrivelse till Jordbruksdepartementet 1977-06-30. 1977*
- 43 United States Department of Agriculture, Environmental Protection Agency ,** *The biologic and economic assessment of Pentachlorophenol, inorganic arsenicals, creosote, Volume 1: Wood preservatives. 1980, Technical bulletin number 1658-1.*
- 44 Laine M.M., Ahtianen, J., Wågman, N., Öberg, L., Jorgensen K.,** *Fate and Toxicity of Chlorophenol, Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, and Dibenzofurans during Composting of Contaminated Sawmill Soil. Environmental Science and Technology 1997, 31, 3244.*
- 45 Assmuth, T., Variainen, T.,** *Concentration of 2,3,7,8-chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans at landfills and disposals sites for chlorophenolic wood preservative waste. Chemosphere, 1994, 28, 971*
- 46 Lorber, M.N., Barton, R.G. Winters, D.L., Bauer, K.M., Davis, M.D., Palausky, J.** *Investigation of the potential release of polychlorinated dioxins and furans from PCP-treated utility poles. The Science of the Total Environment, 2002, 290, 15*
- 47 Morgan, J.W.W., Purslow, D.F.,** *Volatile losses of wood preservatives. BWPA Annual convention 1973, 236, 1*
- 48 Freeman, M.C., O'Dowd, W.J., Brown, T.D., Hargis, R.A., James, R.A., Plasynsik, S.I., Walbert, G.F., Lowe, A.F., Battista Jr., J.J.,** *Pilot-scale air toxics R&D assessment of creosote-treated and PCP-treated wood cofiring for pulverized coal utility boiler applications. Biomass & Energy, 2000, 19, 447*
- 49 Wunderli, S., Zennegg, M, Dolezal, I., S., Gujer, E., Moser, U., Wolfensberger, M., Hasler, P., Nover, D., Studer, C., Karlaganis, G.,** *Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans in solid residues from wood combustion by HRGC/HRMS. Chemosphere, 2000, 40, 641*
- 50 Hedman, B., Näslund, M., Nilsson, C., Marklund, S.,** *Emissions of Polychlorinated Dibenzodioxins and bibenzofurans and polychlorinated Biphenyls from uncontrolled burning of garden and domestic waste (backyard burning). Environmental Science and Technology, 2005, 39, 8790*

**51 Bahrgava, A., Dlugogorski, B.Z., Kennedy, E.M.,** *Emissions of polyaromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls and polychlorinated dibenzp-p-dioxins and furans from fires of wood chips.* Fire safety journal, 2002, 38, 659

**52 Draper, W.M., Phillips J., Harnly M., Stephens, R.D.,** *Assessing environmental contamination from a pentachlorophenol fire: screening soils for octachlordibenzo-p-dioxin.* Chemosphere, 1988, 17, 1831

**53 Meier D, Ollesche T, Faix O.** *Fast Pyrolysis of Impregnated Waste Wood – The Fate of Hazardous Components.* In progress in Thermochemical Biomass Conversion, 5th Conference, Tyrol, Austria Sept 17-22, 2000, 1, 1405.

**54 Naturvårdsverket.** *Vattenskydd vid industriell hantering av träskyddsmedel.* September 1972.

**55 McBain, A., Cui, F., Herbert, L., Ruddick, J.N.R,** *The microbial degradation of chlorophenolic preservatives in spent, pressure-treated timber.* Biodegradation, 1995, 6,47.

**56 Electric Power Research Institute:** *Pentachlorophenol (PCP) in soils adjacent to in-service utility poles in New York State, Palo Alto. CA.* EPRI TR-104893, 1995.

**57 Gurprasad, N., Constable M., Haidar N., Cabalo E.** *Polychlorinated dibenzo –p-dioxins (PCDDs) leaching from pentachlorophenol-treated utility poles,* Organohalogen Comp. 1995, 24, 501.

**58 Laine, M.M, Ahtianen, J., Wågman, N, Öberg, L.G., Jorgensen, K.S.,** *Fate and toxicity of Chlorophenols, Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, and Bibenzofurans during contaminated sawmill soil.* Environ. Sci Technology, 1997, 31, 3244

**59 Naturvårdsverket.** *Kartläggning av oavsiktligt bildade ämnen.* Rapport till regeringen 050331, 2005.

**60 Danish Environmental Protection Agency,** *Substance Flow Analysis for Dioxins 2002,* Environmental Project No 811. 2002,

## Bilaga 1

Rådata till beräkningar redovisade i Tabell 9.

Halten PCDD och PCDF i Ky-5, Dowicide G och pentaklorfenol samt från fem olika produktår för pentaklorfenol. Halten är angiven i (µg/g) (mg/kg) preparat. Data redovisas i Tabell 5 i rapporten.

Preparat	År	PCDD (µg/g)	PCDF (µg/g)	Summa Dioxin (µg/g)	WHO TEQ <sup>1</sup> (ng/g)	Ref
Ky-5	Okänd	3,3	21	24	150	[7]
Dowicide G	Okänd	1 300	176	1 476	1 800	[7]
Pentaklorfenol	1967	24 000	290	24 290	1 300 (6 600)	[39]
Pentaklorfenol	1970	260	59	320	31 (66)	[39]
Pentaklorfenol	1971	120	75	190	72 (86)	[39]
Pentaklorfenol	Okänd	12	1,7	140	36 (32)	[39]
Pentaklorfenol	60/70- talet	-	-	2 000– 2 500 000		[43]

1) Halterna angivna inom parantes är I-TEQ ng/g

Halten av dioxin uttryckt som TEQ i olika träprodukter och restprodukter från sågverk. Halten är angiven i ng/g (µg/kg). Data redovisas i Tabell 6 i rapporten.

Produkt	TEQ (ng/g)	Referens
Ky-5 behandlat virke*	38	[44]
Virke från jordbruk	0,016-315	[11]
Avfall från sågverkstipp	0,067 och 2.1	[45]
Kraftledningsstolpe nybehandlad 1996	3,1	[46]
Kraftledningsstolpe nybehandlad 1999	6,8	[46]
Kraftledningsstolpe efter 1 års användning	15	[46]
Kraftledningsstolpe efter 4 års användning	14 och 15	[46]
Kraftledningsstolpe efter 11 års användning	6,3 och 14	[46]
Kraftledningsstolpe efter 24 års användning	7,7	[46]
Kraftledningsstolpe efter 34 års användning	0,71	[46]

\*Trä som har legat i botten på ett dopningskar

Ref [44] och [45] är TEQ angivet som I-TEQ

Ref [46] är TEQ angivet som WHO-TEQ

Mängden dioxin (ng/kg) i inomhuspanel från 1967 och fältförsöksprovstav från 1968 samt en ca 25 år gammal kraftledningsstolpe från Oregon, USA. Kompletta data redovisas i Tabell 7 i rapporten.

	Inomhus- panel	Provstav ovan mark	Provstav i mark	Kraftlednings- stolpe
I-TEQ (ng/kg)	4 100	2 300	8 900	49 000

Nedan redovisas beräkningarna bakom data presenterade i Tabell 9 i rapporten. Mängden kvarvarande dioxiner i samhället från behandlade träprodukter har uppskattats för varje användningsområde genom att den uppskattade kvarvarande mängd av produkten har multiplicerats med ett uppskattat maximi- och minivärde i dioxininnehåll.

	<b>Kvarvarande produkter idag (ton)</b>	<b>Max och min halter av dioxin i produkterna (mg/ton)</b>	<b>Kvarvarande mängd dioxiner (kg) idag</b>
<b>Tryckimpregnerat</b>			
* KP-Cuprinol	115 000	Max=8,9, Min=2,3	1,0 – 0,3
* BP-Hylosan	20 000	Max=49, Min=4,1	1,0 – 0,1
<b>Doppat</b>	250 000	Max=3,8, Min= 0,1	1,0 – 0,0
<b>Gör-Det-Själ</b>	130 000	Max=4,9, Min=0,1	0,6 – 0,0
<b>Saneringsprodukter</b>	25 000	Max=4,9, Min=0,1	0,1 – 0,0
<b>Summa</b>			<b>3,7 – 0,4 kg</b>

Den totala mängden dioxin (I-TEQ) tillsatt till samhället *p.g.a.* användning av pentaklorfenol har uppskattats genom att den totala använda mängden produkt för varje användningsområde har multiplicerats med ett uppskattat maximi- och minivärde i dioxininnehåll för pentaklorfenolprodukter.

	<b>Totalt använt preparat (ton)</b>	<b>Max och min halter av dioxin i produkt (g/ton)</b>	<b>Total mängd dioxin tillsatt till samhället (kg)</b>
<b>Tryckimpregnerat</b>	640	Max = 150, Min = 30	100 – 20
<b>Doppat</b>	1 500	Max = 150, Min = 30	220 – 45
<b>Gör-Det-Själ</b>	200	Max = 150, Min = 30	30 – 6
<b>Saneringsprodukter</b>	15	Max = 150, Min = 30	2 – 0
<b>Summa</b>			<b>360 – 70 kg</b>

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut** utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 850 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fyra dotterbolag.



## SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Energiteknik/Bygg och Mekanik

SP Rapport 2008:

ISBN 91-7848-

ISSN 0284-5172

A Member of

 United Competence